

Approved For Release STAT
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120

SECRET

Approved For Release
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120



Вторая Международная конференция
Организации Объединенных Наций
по применению атомной энергии
в мирных целях

A/CONF/15/P/2193
USSR
ORIGINAL: RUSSIAN

Не подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

25 YEAR RE-REVIEW

ДВОЙНЫЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ:

$UO_2 - Ae_2O_3$, $UO_2 - BeO$, $UO_2 - MgO$

П.П.Будников, С.Г. Тресвятский, В.И.Кушаковский.

Работа по изучению взаимодействия окислов урана с другими окислами проводилась с 1952 г. по 1956 г. За это время некоторые авторы опубликовали результаты исследования упомянутых выше систем. Однако отличие наших данных от данных, опубликованных в литературе, и различные точки зрения разных авторов на характер взаимодействия в системе $UO_2 - MgO$ явились причиной появления настоящего доклада.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

Для исследования систем были применены следующие методы:

1. метод отжига и закалки;
2. метод высокотемпературного термического анализа;
3. метод деформации конусов;
4. метод плавления образцов или порошков смесей в молибденовых или вольфрамовых тиглях.

Отжиг и закалка образцов производилась в печи с угольной нагревательной трубой (I).

Для создания внутри печи инертной газовой среды, через печь пропускался аргон, осушенный над KOH и P_2O_5 . Имеющийся в аргоне кислород поглощался медными стружками, нагретыми до 600° . Образцы в печи подвешивали на молибденовых проволоках в молибденовых тиглях. Температуру измеряли оптическим пирометром с исчезающей нитью, проградуированным в условиях опытов по температурам плавления неко-

- 2 -

торых высокоогнеупорных соединений и эвтектик ($\text{Ca Al}_2\text{O}_4$, Mg_2SiO_4 , Al_2O_3 , эвтектики в системах $\text{BeO} - \text{ThO}_2$ и $\text{CaO} - \text{ThO}_2$, BeO , CaO , Mo , ZrO_2). Закалка образцов происходила при сбрасывании их в нижнюю часть печи, охлаждаемую снаружи водой.

Фазовый анализ закаленных образцов производили путем снятия порошковых рентгенограмм на отфильтрованном γ -излучении в камерах диаметром 57,86 или 114 мм и просмотра шлифов в отраженном свете. Состав образцов после термической обработки определяли химическим анализом.

Высокотемпературный термический анализ производили по методике, разработанной нами ранее (2). Для измерения температур использовали вольфрам-молибденовые термопары, применение которых позволяло производить термический анализ до 2200° . Термопары градуировали в условиях опытов по температурам плавления высокоогнеупорных соединений.

Определение температур плавления методом деформации конусов производили по методике, описанной нами ранее (3).

Метод плавления в тиглях заключался в визуальном определении момента расплавления вещества в тигле и в оценке степени расплавления по характеру мениска расплава после охлаждения тигля. Кроме того, определение температур солидуса и ликвидуса производилось путем сравнения микроструктур или внешнего вида образцов, закаленных с различных температур.

Состав эвтектик определяли химическим анализом медленно закристаллизованных сплавов, микроструктура которых отвечала структуре чистой эвтектики.

В качестве исходных материалов применяли двуокись урана и окислы алюминия, бериллия и магния высокой степени чистоты. Содержание в них примесей по данным спектрального анализа приводится в табл. I.

Смеси окислов составлялись через 5-10 мол.%, а в отдельных случаях через 1-2 мол.%. Смешение производилось совместным растиранием окислов в ступке.

Таблица I.

Результаты спектрального анализа окислов

Элемент. Окисел	Na	Be	Mg	Ca	Al	Si	Ti	Fe	Ni	Co	Mn	Cz
Al_2O_3	10^{-1}	не опр.	10^{-2}	нет		$>10^{-2}$	10^{-2}	$>10^{-2}$	нет	нет	нет	не опр.
BeO	$<10^{-2}$		10^{-2}	не опр.	10^{-2}	10^{-1}	не опр.	$<10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	нет
MgO	нет	$<10^{-4}$		не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	$<10^{-4}$	нет	$<10^{-1}$	$<10^{-3}$	$<10^{-3}$
UO_2	10^{-2}	10^{-4}	10^{-1}	$3 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$<3 \cdot 10^{-3}$	не опр.	$5 \cdot 10^{-4}$	нет	не опр.	$3 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}
чувств. метода	10^{-3}	10^{-4}		10^{-4}					10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}

СИСТЕМА $UO_2 - Al_2O_3$.

Результаты рентгенографического исследования образцов из смесей двуокиси урана с окисью алюминия, закаленных с различных температур, приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты исследования образцов из двуокиси урана с окисью алюминия.

Состав образцов мол. %				Условия термической обработки образцов					Результаты рентгено- графического исследо- вания
Шихтовой		по хим. анализу		темпера- тура пред- варитель- ного обжа- га °C	темпера- тура °C	время выдерж- ки	сре- да	условия охлажде- ния	
UO ₂	Al ₂ O ₃	UO ₂	Al ₂ O ₃						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	80	I9	8I	I600	I700	6 ч	аргон	закален.	UO ₂ , a=5, 457 КХ
20	80				I900	30 м	"	"	UO ₂ , a=5, 457 КХ Линии Al ₂ O ₃ , очень слабые, a=5, II КХ α=55,021
20	80			Расплавлен.	I400	10 ч	"	"	UO ₂ , a=5, 458 КХ Al ₂ O ₃ , a=5, II КХ, α=55,028
35	65				I920	30 м	"	"	UO ₂ , a=5, 458 КХ несколько линий Al ₂ O ₃ , совпадающих с линия- ми Al ₂ O ₃ на эталонной рентгенограмме.

- 5 -

Прод. табл. 2.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	60	38	62		1900	30м	Вакуум. 10 мм рт.ст.	охл.с печью	UO_2 , а=5,458 кХ, несколько линий Fe_2O_3
50	50				2000	10м	аргон	"-	UO_2 , а=5,458 кХ, одна линия Fe_2O_3 , с совпадающей с линией на эталон- ной рентгенограм- ме.
60	40			Расплав- лен.	1600	4ч	"-	Закален.	UO_2 , а=5,458 кХ
80	20	78	22		1800	3ч	"-	"-	UO_2 , а=5,458 кХ

- 6 -

Из данных, приведенных в табл.2, следует, что в системе $UO_2 - Al_2O_3$ в интервале температур $1400-1900^\circ$ существуют в равновесии две фазы — двуокись урана и окись алюминия (корунд). Периоды решеток окислов не изменяются с изменением состава и температуры отжига образцов, что указывает на отсутствие в системе новых химических соединений и твердых растворов.

При изучении макроструктуры плавленных образцов, в некоторых сплавах двуокиси урана с окисью алюминия было обнаружено наличие двух, а иногда и трех горизонтальных слоев. Изучение микроструктуры этих слоев показало, что при плавлении или кристаллизации сплавов происходит ликвация вследствие различия удельных весов корунда (4 г/см^3), двуокиси урана (11 г/см^3) и эвтектики ($7,4 \text{ г/см}^3$ — по расчету). Было установлено, что в сплавах, содержащих избыток окиси алюминия против эвтектического, происходит всплывание кристаллов корунда, а в сплавах, содержащих избыток окиси урана, опускание на дно тигля кристаллов двуокиси урана. См. рис. 1 и 2. Ликвация происходит наиболее интенсивно при плавлении смесей и слабее — при затвердевании расплавов. Исследование микроструктуры сплавов двуокиси урана с окисью алюминия подтвердило сделанный вывод о том, что система $UO_2 - Al_2O_3$ является простой эвтектической системой. Эвтектика содержит 74 мол. % Al_2O_3 и 26 мол. % UO_2 . Температура плавления эвтектики — $1900 \pm 10^\circ$. Это также было подтверждено высокотемпературным термическим анализом. На всех кривых нагревания и охлаждения, снятых со смесей, содержащих от 11 до 96 мол. % Al_2O_3 , наблюдается эффект кристаллизации или плавления эвтектики при температуре $1900^\circ \pm 10^\circ$.

В результате проведенных исследований была построена диаграмма состояния $UO_2 - Al_2O_3$, представленная на рис. 3а.

Предлагаемая нами диаграмма состояния системы $UO_2 - Al_2O_3$ отличается от ранее опубликованной Ламбертсоном и Мюллером (рис. 3б) отсутствием области расслаивания в жидком состоянии и, в связи с этим, иным положением линий ликвидуса. Причина ошибочных выводов Ламбертсона и Мюллера заключается в том, что они

- 7 -

приняли осаждение кристаллов UO_2 в сплавах $UO_2 - Al_2O_3$ за явление несмешиваемости двух жидкостей. Наши данные об отсутствии в изученной системе новых химических соединений и твердых растворов совпадают с результатами Ламбертсона и Мюллера (4) и Ланга с сотрудниками (5). Результаты исследования Ланга с сотрудниками (6) по определению температур солидуса и ликвидуса смесей, прилегающих к эвтектической, совпадают с нашими результатами.

СИСТЕМА $UO_2 - BeO$

Результаты рентгенографического исследования фазового состава смесей двуокиси урана с окисью бериллия после различной термической обработки приведены в таблице 3.

Из данных, приведенных в табл. 3, следует, что в системе $UO_2 - BeO$ в интервале температур $1400-2200^\circ$ находятся в равновесии две фазы — двуокись урана и окись бериллия. Периоды решеток двуокиси урана и окиси бериллия не изменяются с изменением состава и температуры, что указывает на отсутствие в системе $UO_2 - BeO$ новых химических соединений и твердых растворов. При изучении микроструктур сплавов была обнаружена ликвация по удельному весу, подобная вышеописанной ликвации в сплавах $UO_2 - Al_2O_3$. Однако ликвация в системе $UO_2 - BeO$ выражена слабее, что объясняется, повидимому, большей вязкостью расплава эвтектики в этой системе.

На основании рентгенографических, микроскопических и термографических исследований было установлено, что в системе имеет эвтектика между UO_2 и BeO , содержащая 68 мол % окиси бериллия и 32 мол.% двуокиси урана. Температура плавления эвтектики $2170 \pm 20^\circ$. Построенная на основании этих данных диаграмма состояния системы двуокись урана — окись бериллия представлена на рис. 4а.

Наши результаты совпадают с результатами Ланга с сотрудниками (5), которые не обнаружили образования новых химических соединений и твердых растворов в системе $UO_2 - BeO$ в интервале $800-1800^\circ$. Однако состав эвтектики значительно отличается от состава (63 мол.% BeO), найденного Лангом с сотрудниками (6).

Таблица 3.

Результаты исследования образцов из смесей

— UO_2 с BeO —.

Состав. мол. %		Условия термической обработки образцов				Результаты рентгено-графического анализа
Шихтовой	По хим. анализу	Температура °C	Время выдержки	Среда	Условия охлаждения	
BeO	UO_2 BeO UO_2					
I	2 3 4	5	6	7	8	9
100	0	Плавле- ный		аргон	охл. с печью	Решетка BeO , $a=2,693 \text{ \AA}$ $c=4,37 \text{ \AA}$, $c/a=1,623$
99,7	0,3	1700	2 ч	вакуум $10^{-1} \text{ мм рт. ст.}$	Закален	Решетка UO_2 и решетка BeO ; $a=2,694 \text{ \AA}$, $c=4,372 \text{ \AA}$, $c/a=1,623$
90	10 93 7	1800	2 ч	—"	—"	UO_2 ; $a=5,458 \text{ \AA}$, BeO , $a=2,693 \text{ \AA}$, $c=4,37 \text{ \AA}$, $c/a=1,623$
90	10 91 9	1700	2 ч	аргон	"	UO_2 , $a=5,458 \text{ \AA}$; и BeO
80	20 81 19	2200	10 ч	—"	—"	UO_2 , $a=5,459 \text{ \AA}$

2834-57

- 9 -

Прод. табл. № 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9
80	20			I400	I0ч	аргон	закален.	uO ₂ , a=5,458 кX
70	30			2000	I ч	-"-	-"-	uO ₂ , a=5,458 кX
50	50			I700	2 ч	"	"	uO ₂ , a=5,457 кX
20	80	2I	79	I700	2 ч	"	"	uO ₂ , a=5,458 кX

- 10 -

СИСТЕМА $UO_2 - MgO$

Результаты, полученные нами при рентгенографическом исследовании образцов из двуокиси урана и окиси магния, закаленных с различных температур, приведены в таблице 4.

Из данных, приведенных в табл. 4, следует, что период решетки двуокиси урана зависит как от температуры закалки образцов, так и от содержания в образцах окиси магния. (рис. 5). Для выяснения составов образующихся твердых растворов свободную окись магния из сплавов выщелачивали 3-5М раствором хлористого аммония и в нерастворимом остатке определяли содержание урана и магния, с одновременным рентгенографическим определением периода решетки твердого раствора. Полученная зависимость периода решетки твердого раствора от состава представлена на рис. 6.

То обстоятельство, что растворимость окиси магния в двуокиси урана зависит от избытка окиси магния, указывает, что система $UO_2 - MgO$ не является истинной конденсированной системой, а является каким-то разрезом тройной системы $UO_2 - MgO - O$, причем источником кислорода, повидимому, является сама окись магния вследствие ее термической диссоциации при нагревании. Поэтому представляло интерес изучение системы $UO_2 - MgO$ в газовой среде, содержащей кислород, например, в среде воздуха. Повышение растворимости окиси магния в двуокиси урана в этом случае явилось бы подтверждением высказанных точек зрения.

Такие исследования были проведены. Образцы из смесей двуокиси урана с окисью магния до температуры 1700° нагревали в среде воздуха в криптоловой печи при свободной циркуляции воздуха. Плавление образцов производилось в вольтовой дуге по методике, описанной нами ранее (7).

Результаты рентгенографических и микроструктурных исследований образцов, нагретых в среде воздуха, приведены в таблице 5.

Из данных, приведенных в табл. 5, следует, что двуокись урана с окисью магния образует в среде воздуха ограниченную область твердых растворов с решеткой двуокиси урана и содержанием окиси магния до 37 мол. % (при t -рах $1600-1750^{\circ}$). Зависимость перио -

2834-52

Таблица 4

Результаты рентгенографического исследования смесей двуокиси урана с окисью магния в аргоне.

Состав мол. %				Условия термической обработки образцов				Результаты рентгеногра- фического анализа	
Шихто- вой		По кин. анализу		Предвари- тельный обжиг	Темпе- ратура °C	Время выдерж- ки	Условия охлажде- ния	α_{UO_2} , кх	α_{MgO} , кх
MgO	UO ₂	MgO	UO ₂						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
99	I				2300	30 м	охл. с печью	5,43	4,204
90	IO	90	IO	1800°, вакуум 10 ⁻¹ мм рт.ст. $\alpha_{\text{UO}_2}=5,437$ кх	1300	10 ч	закален.	5,4553	4,204
90	IO				1500	6 ч	"	5,455	4,205
90	IO				1700	4 ч	"	5,445	4,204
90	IO				1700	6 ч	"	5,443	4,205
90	IO	88	I2		1700	7,5 ч	"	5,441	4,204
90	IO	85	I5		2000	3 ч	"	5,438	..
90	IO				2000	10 м	"	5,437	4,203
90	IO				2300	1 ч	охл. с печью	5,434	..
90	IO				2300	2 ч	"	5,434	..
80	20	78	22		1800°	2000	30 м	закален.	5,44
80	20			вакуум. $\alpha_{\text{UO}_2}=5,447$ кх	2000	6 ч	"	5,439	..

- 12 -

Прод. табл. 4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
55	45				1700	3 ч	закален	5,4515	Слабые ли- нии окиси магния.
55	45	55	45		1700	8 ч	"	5,451	
55	45				2000	1 ч	"	5,449	
55	45				2000	2 ч	"	5,446	
50	50				2300	30 м	охл. с печью	5,435	
30	70				1700	1 ч	закален.	5,454	Линий оки- си магния нет
30	70	24	76		1700	4 ч	"	5,4537	
30	70				2300	10 м	охл. с печью	5,446	
20	80	20	80		2000	2 ч	закален.	5,454	
10	90				2000	1 ч	"	5,456	
10	90				2300	10 м	"	5,458	

- 13 -

да решетки твердых растворов от состава приведена на рис. 7.

На основании этих данных была построена ориентировочная диаграмма состояния системы $UO_{2+x} - MgO$ в среде воздуха в температурном интервале $1500-2800^{\circ}$. Построенная диаграмма состояния представлена на рис. 8. Очевидно, что, если кислород способствует растворению MgO в UO_{2+x} , то нагревание твердых растворов, полученных на воздухе, в бескислородной газовой среде должно приводить к их распаду. Это было подтверждено экспериментально путем нагревания образца твердого раствора, содержащего 33 мол. % MgO , при 2000° в среде аргона. Выпадающую из твердого раствора окись магния обнаруживали микроскопически в шлифе в виде округлых зерен, а период решетки твердого раствора при этом увеличивался с 5,27 кХ до 5,451 кХ, и в твердом растворе сохранялось только около 3 мол. % окиси магния.

На основании приведенных данных можно было предположить, что в идеализированном виде, без учета окисления двуокиси урана кислородом окиси магния при температурах выше 1500° , система $UO_2 - MgO$ является простой эвтектической.

Проведенные определения температур ликвидуса и солидуса этой системы подтвердили правильность сделанного предположения. Построенная на основании этих данных идеализированная диаграмма состояния $UO_2 - MgO$ представлена на рис. 9.

Необходимо отметить, что и в этой системе наблюдается ликвидация с участием твердых фаз, подобная описанной выше для систем $UO_2 - Fe_2O_3$ и $UO_2 - BeO$.

Расслаивание жидких фаз, найденное Ламбертсоном и Мюллером (4, рис. 10), нами обнаружено не было. Установленный состав эвтектики (53 мол. % MgO) также значительно отличается от состава эвтектики, приводимого в вышецитированной работе.

Результаты Ланга с сотрудниками (5), которые не обнаружили взаимодействия между UO_2 и MgO в интервале $400-1800^{\circ}$, подтверждают наши выводы об отсутствии растворимости окиси магния в двуокиси урана стехиометрического состава. Согласно Ламбертсону и Мюллеру (4) в системе $UO_2 - MgO$ выше 1200° происходит окисление UO_2 до UO_{2+x} кислородом окиси магния, однако свои выводы эти авторы сделали только на основании понижения периода

- 14 -

Таблица 5.

Результаты рентгенографического и микроструктурного
анализов образцов, нагретых на воздухе.

Состав мол. %			По хим. анализу	Темпера- тура °C	Время выдерж- ки (мин)	Содержание кислорода	Результаты фазо- вого рентгенов- ского анализа кх.	Результаты микрострук- турного анализа
Шихтовой	MoO	UO ₂						
UO ₂	2	3	4	5	6	7	8	9
I				I450	60	UO _{2,62}	Решетка U ₃ O ₈	
I00				I550	40	UO _{2,26}	Решетка UO ₂ a=5,423	
I00				I600	I5	UO _{2,241}	Решетка UO ₂ a=5,426	
I00				I700	I5	UO _{2,236}	Решетка UO ₂ a=5,426	
90	I0	89	II		I5		Решетка UO ₂ a=5,387	Одна фаза
80	20	80	20		30		Решетка UO ₂ a=5,343	"
67	33	66	34		30		Решетка UO ₂ a=5,271	"
50	50			I600	I0		Решетка UO ₂ a=5,249	Две фазы
33	67				I0		есть линии MgO Решетка UO ₂ a=5,254	Две фазы
							Решетка MgO a=4,20	

2834-57

-15-

Прод. табл. 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	20				I5		Решетка MgO , $a=5,338$	
67	33			I700	I2		Решетка MgO , $a=5,266$	
33	67				I2		Решетка MgO , $a=5,26$ есть линии решетки MgO	
I00				2800± I00	без выд.		Решетка MgO , $a=5,455$	
67	33			I900± 50	I		Решетка MgO , $a=5,27$	Округлые зерна, сцементирован- ные эвтектикой
50	50			I750±50	I		Решетка MgO , $a=5,25$	Чистая эвтектика, встречаются от- дельные дендри- ты MgO
33	67			I850±30	I		линии очень раз- мытые, совпадают с линиями пре- дыдущей рентге- нограммы. Есть линии MgO $a_{\text{MgO}}=4,20$ кХ	Округлые зерна MgO , окружен- ные эвтектикой.

- 16 -

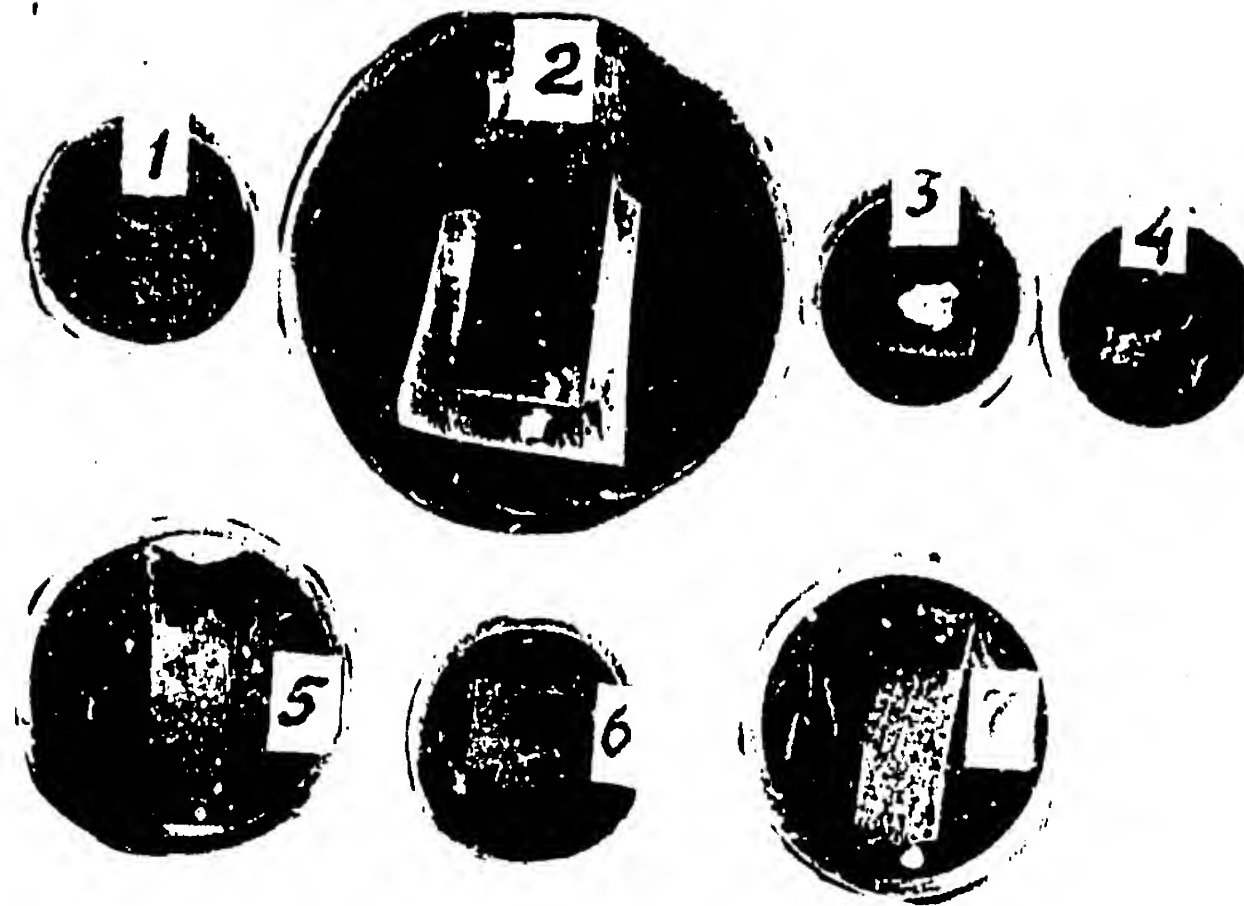
решетки двуокиси урана; твердые растворы авторы не пытались обнаружить никакими другими методами.

Результаты наших исследований по изучению взаимодействия UO_2 с MgO в твердых фазах частично совпадают с результатами Андерсона и Джонсона (8). Как правило, совпадают результаты тех опытов, которые Андерсон и Джонсон (8) проводили в тиглях из тантала при высоких температурах, и не совпадают результаты опытов, проведенных в тиглях из окиси магния при низких температурах (до 1700°). По их данным максимальная растворимость MgO в UO_2 наблюдается при 1100° . Однако для опытов при низких температурах Андерсон и Джонсон (8) использовали смеси, приготовленные совместным осаждением гидроокисей (Mg^{+2} и U^{+4}) и, как указывают сами авторы, частично окисленные. Окисленный осадок являлся источником кислорода, который способствовал растворению окиси магния в двуокиси урана при низких температурах.

2834-57

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Löwenstein E., Elektrische Hochtemperaturöfen bis 3300°C, Z. f. anorg. und allg. Chem., 154, 173-177, (1926)
2. Будников П.П. и Тресвятский С.Г., Методика высокотемпературного термического анализа, Огнеупоры, (№ 4), 166-173, (1955)
3. Будников П.П. и Тресвятский С.Г., Диаграмма плавкости системы $\text{CaO}-\text{CaF}_2$, ДАН СССР, 89, (№3), 479-482, (1953)
4. Lambertson W.A. and Mueller M.H., Uranium Oxide Phase Equilibrium Systems: 1, $\text{UO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$; 11, UO_2-MgO . J. Am.Cer.Soc., 36, (№ 10), 329-334, (1953)
5. Lang S.M., Fillmore C.L., Roth R.S., N.B.S. Interim Report to AEC, 1952./ Взято из "An Annotated Bibliography of selected References on the Solid-State Reactions of the Uranium Oxides" by Lang S.M. Washington/.
6. Lang S.M., Knudsen F.P., Fillmore C.L. and Roth R.S., High-temperature Reaction of Uranium dioxide with various Metal Oxides, N.B.S.C. - 568, Washington, 1956.
7. Будников П.П. и Тресвятский С.Г., Методика определения температуры ликвидуса и солидуса при изучении диаграмм плавкости и диаграмм состояния высокоогнеупорных окислов, Сб. Физико- химические основы керамики, Промстройиздат, М-1956.
8. Anderson J.S, and Johnson K.D.B., The Oxides of Uranium. Part 111. The System $\text{UO}_2-\text{MgO}-\text{O}$. J.Chem.Soc., 1731-1737, /1953/.



2834-57

Рис. I. Полированные вертикальные разрезы сплавов двуокиси урана с окисью алюминия х 2.

1.	78	мол. % Al_2O_3	температура	1950°
2.	71	"	"	1910°
3.	65	"	"	2050°
4.	65	"	"	2070°
5.	60	"	"	1900°
6.	50	"	"	2000°
7.	40	"	"	2300°



Рис.2. Микроструктура слитка на границе двух слоев. Светлые округлые зерна и дендриты - двуокись урана, окруженная эвтектикой. 50 мол. % UO_2 , т-ра 2000°, х 200

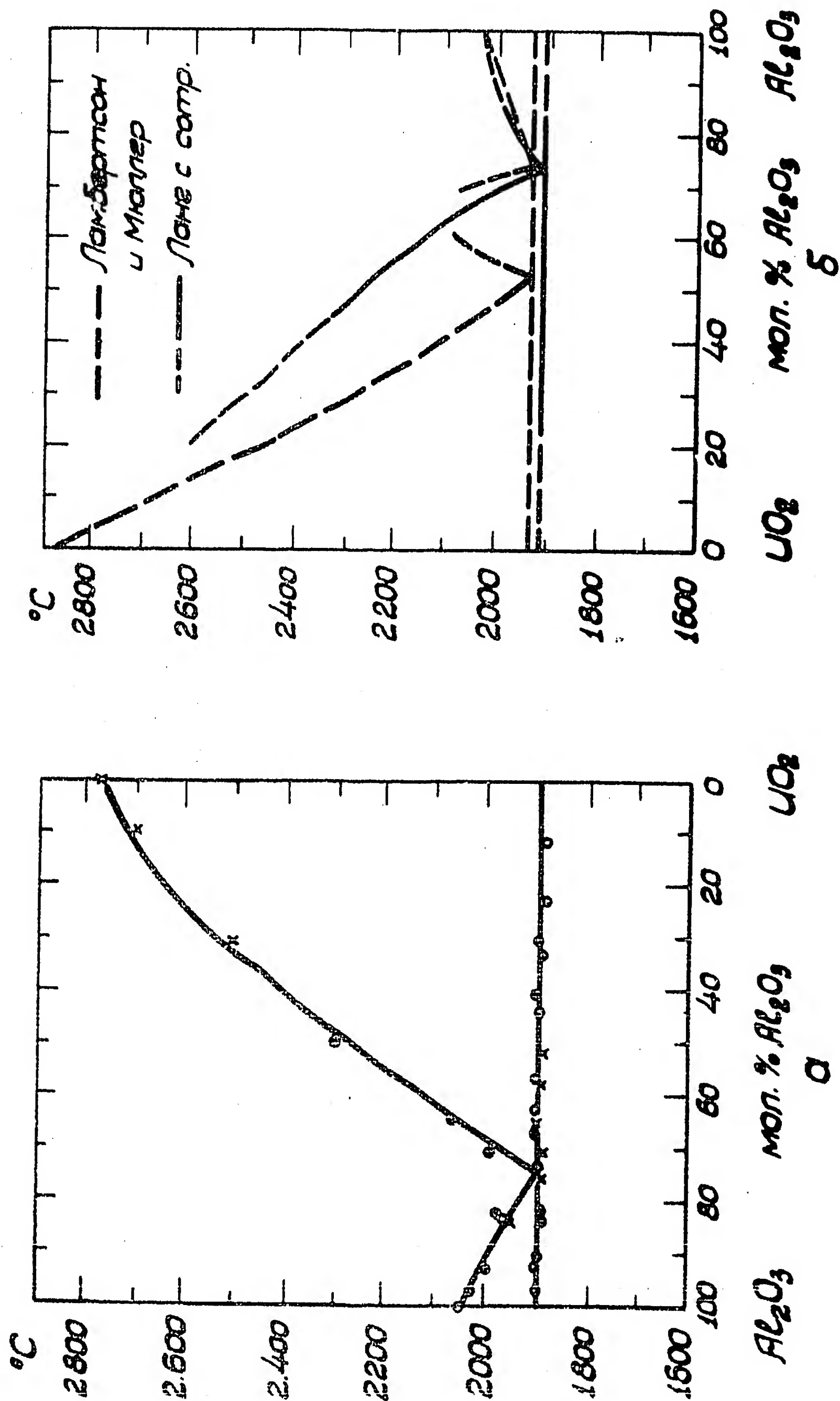


Рис. 3. а. Диаграмма состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{UO}_2$ по данным авторов.
 б. Диаграмма состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{UO}_2$ по Ламбертсону и Мюллеру и Лангу с сотрудниками

2834-57

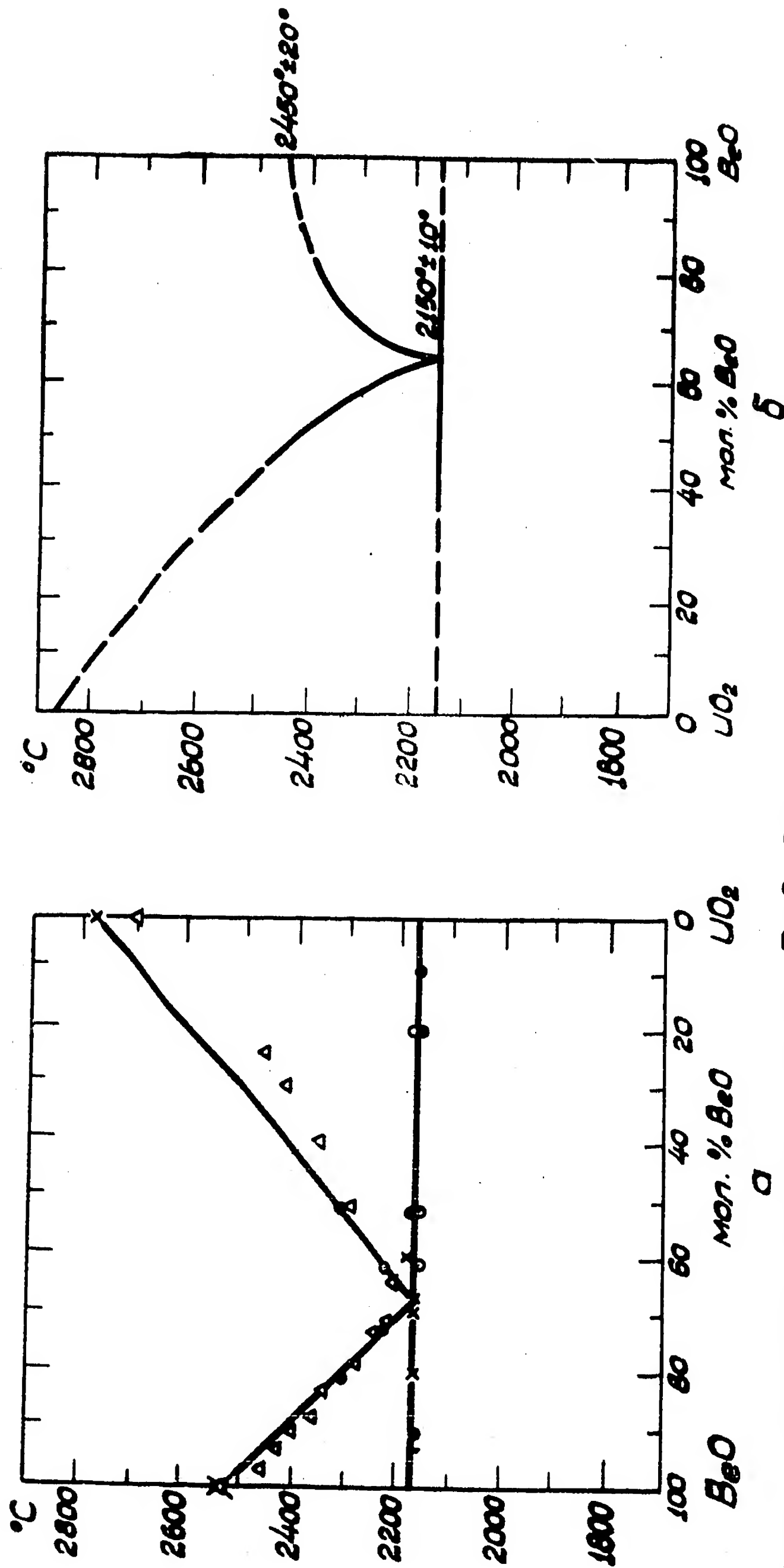


Рис. 4. а. диаграмма состояния системы BeO-UO₂ по данным авторов.
 б. Диаграмма состояния системы BeO-UO₂ по Лангу с сотрудниками.

○ - Температуры, определенные термическим анализом; ● - температуры, определенные путем микроструктурного исследования сплавов; Δ - температуры, определенные методом деформации конусов; x - температуры, определенные путем визуального исследования сплавов или измерением t-ры образца во время плавления.

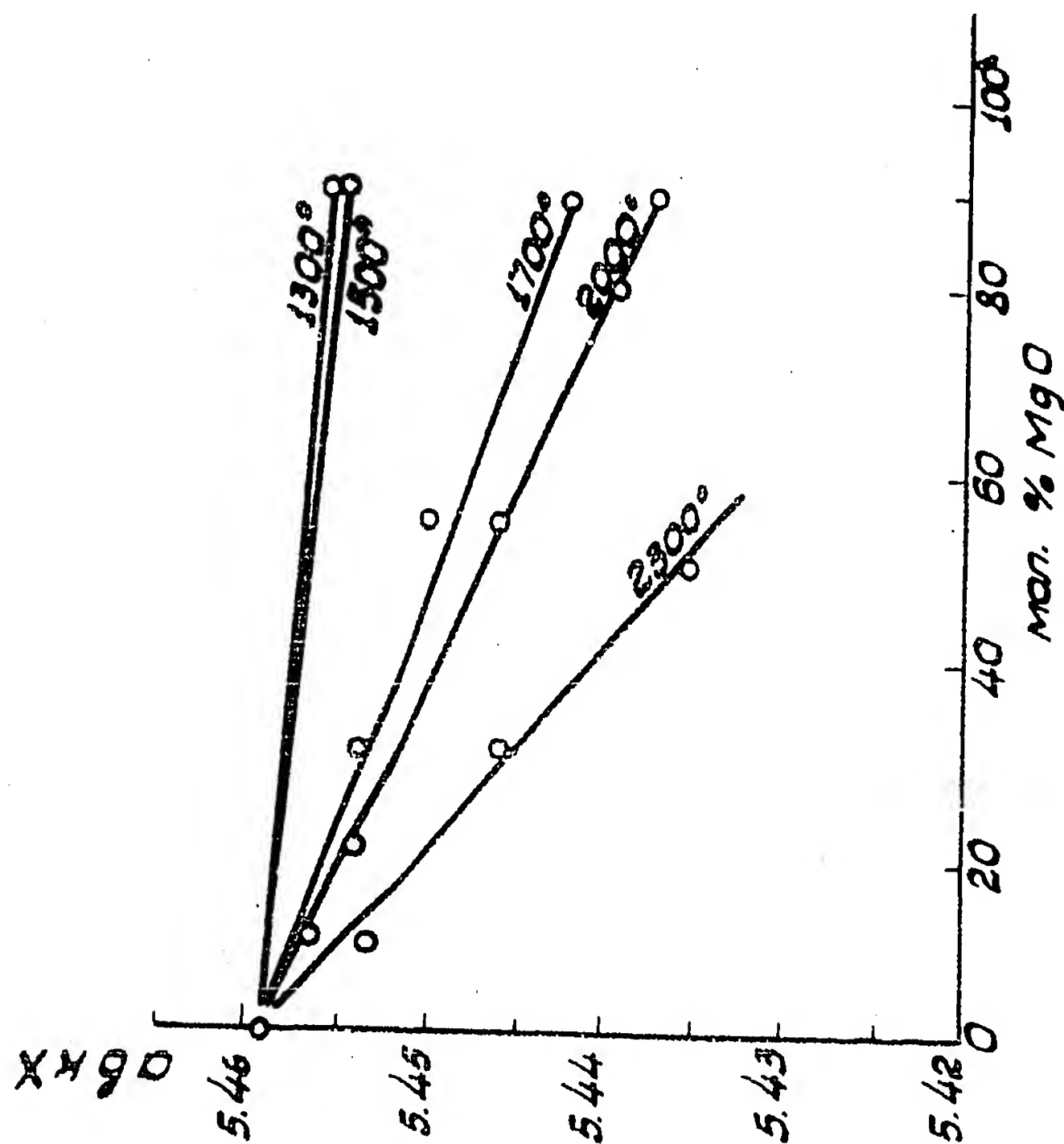


Рис.5. Зависимость n_D от состава и температуры отжига образцов

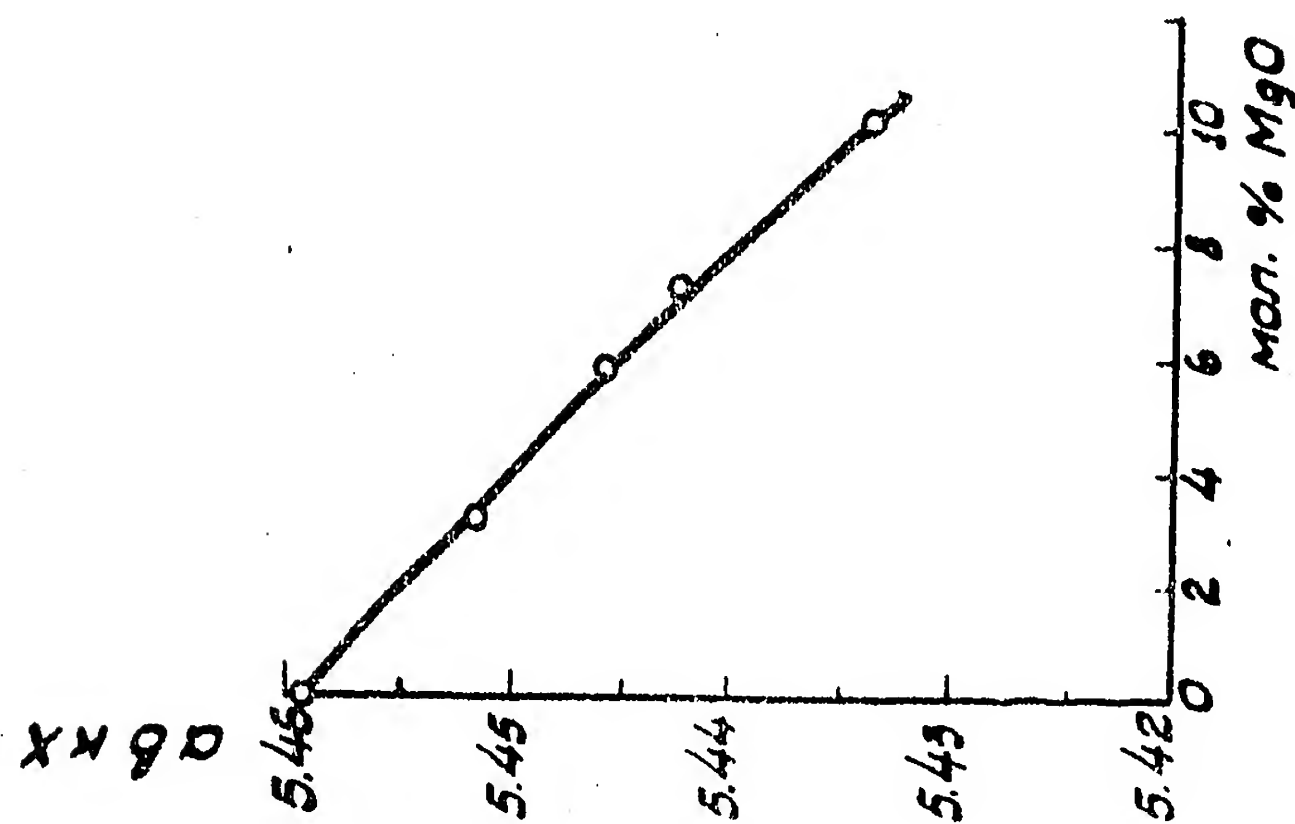


Рис.6. Зависимость периода рефракции твердого раствора от его состава.

2834-58

-28-

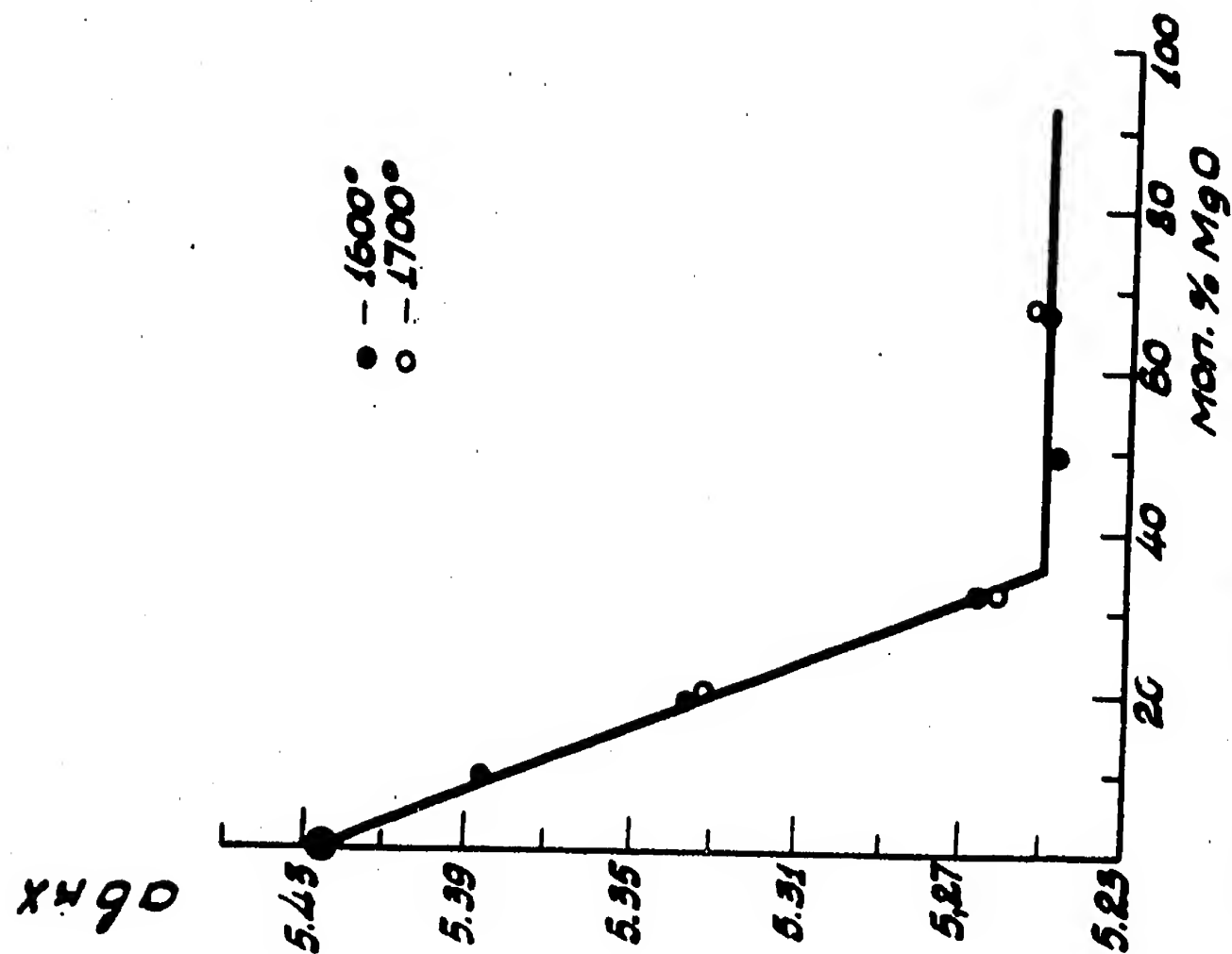


Рис. 7. Зависимость периода решетки твердого раствора, синтезированного на воздухе, от состава.

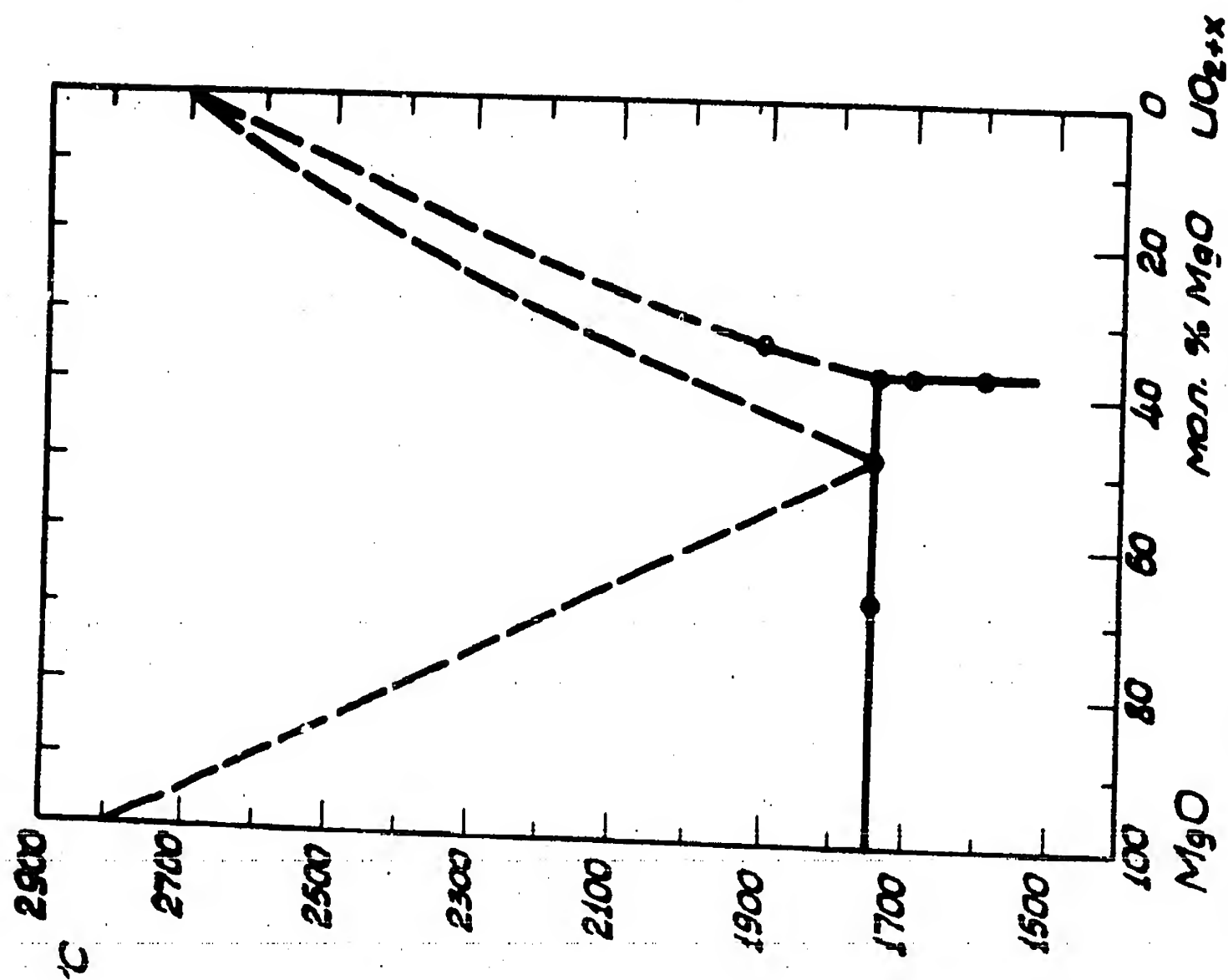


Рис. 8. Диаграмма состояния системы $MgO - UO_{2+x}$, изученная на воздухе.

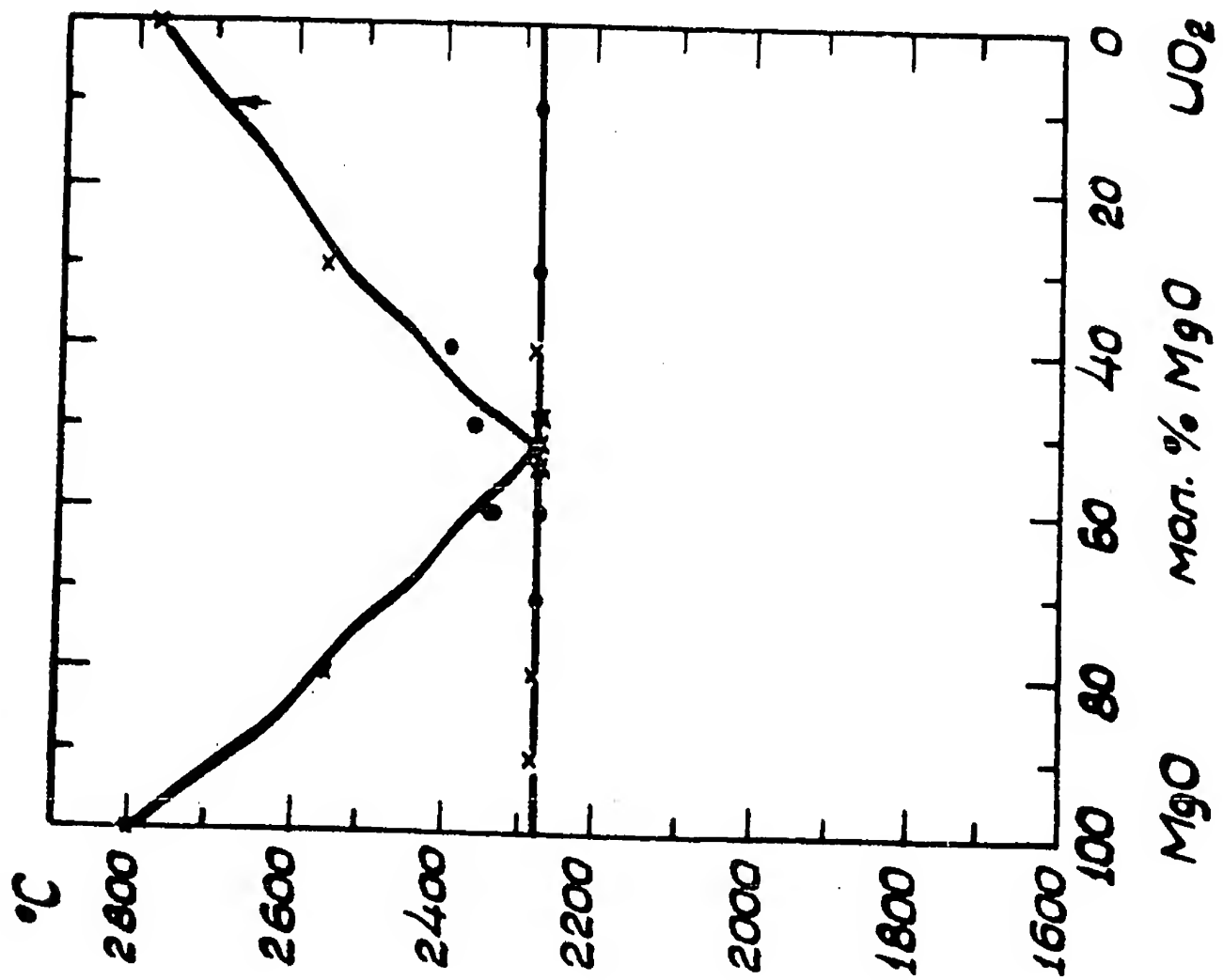


Рис.9. Диаграмма состояния идеализированной системы $MgO-UO_2$ по данным авторов.

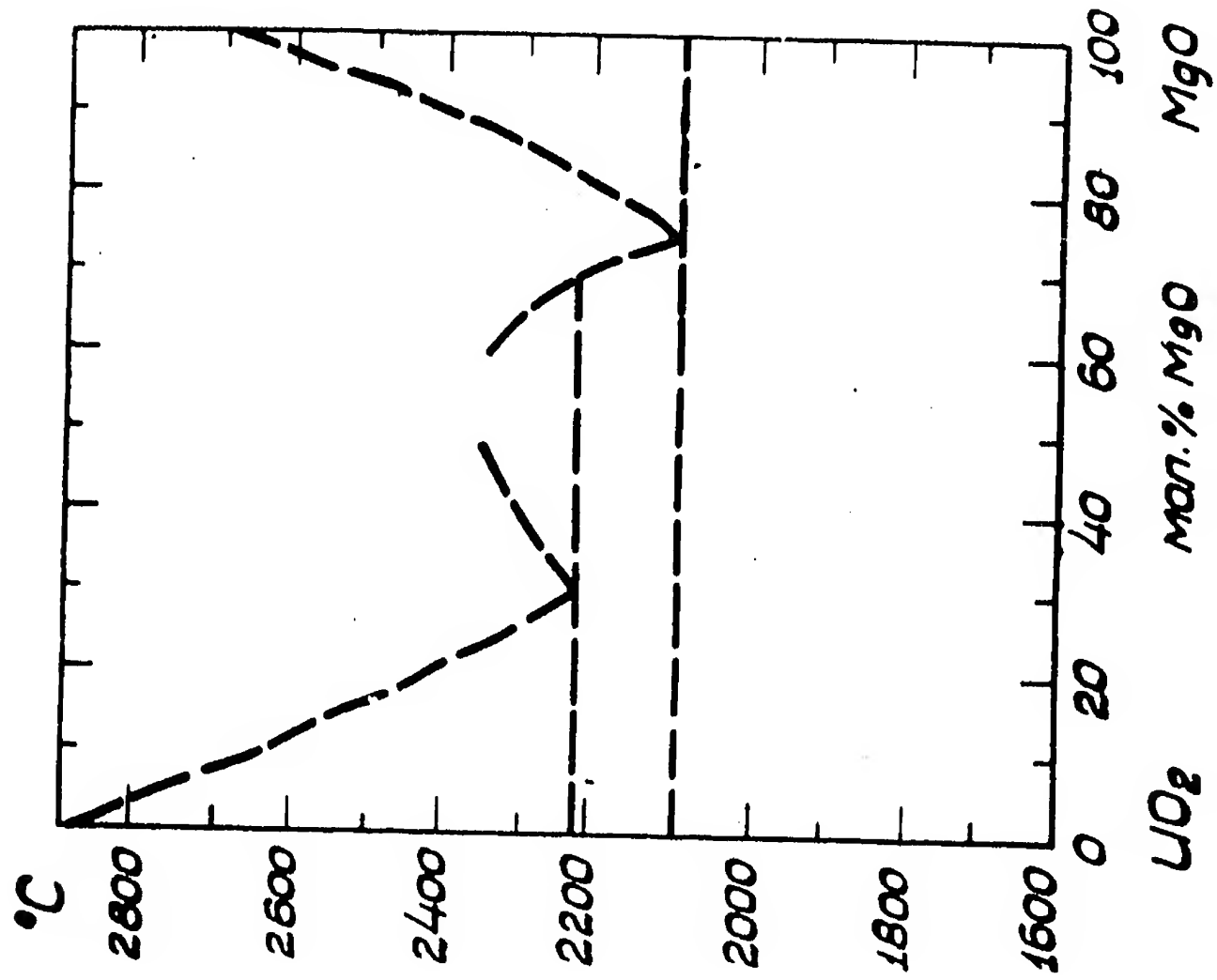


Рис.10. Диаграмма состояния системы $MgO-UO_2$ по Ламбертсону и Моллеру.

Зак 2834